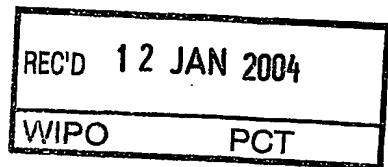


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/DK 03/00862



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 61 763.5

Anmeldetag: 19. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Danfoss Compressors GmbH, Flensburg/DE

Bezeichnung: Rotor für einen Elektromotor

IPC: H 02 K 1/22

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

WUST

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Gleiss & Große

**Patentanwälte · Rechtsanwälte
European Patent Attorneys
European Trademark Attorneys**

Intellectual Property Law Technology Law

**Leitzstraße 45
D-70469 Stuttgart**
Telefon: +49 (0)711 99 3 11-0
Telefax: +49 (0)711 99 3 11-200
E-Mail: office@gleiss-grosse.com
Homepage: www.gleiss-grosse.com

**Dr. jur. Alf-Olav Gleiss · Dipl.-Ing. · PA
Rainer Große · Dipl.-Ing. · PA
Dr. Andreas Schrell · Dipl.-Biol. · PA
Torsten Armin Krüger · RA
Nils Heide · RA
Armin Eugen Stockinger · RA
Georg Brisch · Dipl.-Ing. · PA
Erik Graf v. Baudissin · RA**

PA: Patentanwalt · European Patent Attorney

European Trademark Attorney

**RA: Rechtsanwalt · Attorney-at-law · Admitted for
Representation at the EU-Trademark Office (**

In cooperation with
Shanghai Zhi Xin Patent Agency Ltd.
Shanghai · China

Patentanmeldung

Rotor für einen Elektromotor

Danfoss Compressors GmbH

D-24939 FLENSBURG

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Permanentmagnete und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Leiterstäbe.

Als Line-Start-Elektromotoren werden Hybrid-Drehstrommotoren bezeichnet, die eine Kombination eines Drehstromasynchronmotors mit einem Drehstromsynchrongenerator darstellen. Ein solcher Line-Start-Elektromotor umfasst einen Stator, der auch als Ständer bezeichnet wird, mit mehreren Stator- oder Ständerwicklungen. Die Ständerwicklungen erzeugen ein Drehfeld, das in einem Läufer oder Rotor eine Spannung erzeugt, durch die der Rotor in Drehung versetzt wird. Der Rotor eines Line-Start-Elektromotors hat sowohl Merkmale des Rotors eines Drehstromasynchronmotors als auch Merkmale des Rotors eines Drehstromsynchrongenerators. Line-Start-Motoren können auch für einphasige Netzversorgung ausgelegt werden, eventuell mit einem Betriebskondensator.

In dem Rotor eines Drehstromasynchronmotors, der auch als Induktionsmotor bezeichnet wird, sind Leiterstäbe zum Beispiel aus Aluminium oder Kupfer im Wesentlichen in axialer Richtung angeordnet. An den Stirnseiten des Rotors können die Leiterstäbe durch Kurzschlussringe verbunden sein. Die Leiterstäbe bilden zusammen mit den Kurzschlussringen die Läuferwicklung und können die Form eines Käfigs haben,

weshalb ein solcher Rotor auch als Käfigläufer bezeichnet wird. In Betrieb bewirkt das Drehfeld der Statorwicklung eine Flussänderung in den Leiterschleifen des zunächst stillstehenden Rotors. Die
5 Flussänderungsgeschwindigkeit ist proportional der Drehfelddrehzahl. Die induzierte Spannung lässt Strom in den durch die Kurzschlussringe verbundenen Rotorleiterstäben fließen. Das durch den Rotorstrom erzeugte Magnetfeld bewirkt ein Drehmoment, das den
10 Rotor in Drehrichtung des Statordrehfelds dreht. Wenn der Rotor die Drehzahl des Statordrehfelds erreichen würde, dann wäre die Flussänderung in der betrachteten Leiterschleife Null und damit auch das die Drehung bewirkende Drehmoment. Die Rotordreh-
15 zahl ist daher bei Drehstromsynchrongmotoren stets kleiner als die Drehfelddrehzahl. Der Rotor läuft also nicht mechanisch synchron mit der Drehfelddrehzahl.

In dem Rotor eines Drehstromsynchrongmotors können
20 zum Beispiel Permanentmagnete angeordnet sein, die im Betrieb ein magnetisches Rotordrehfeld erzeugen. Wenn die Statorwicklung mit Drehstrom versorgt wird, werden die Pole des Rotors durch die Gegenpole des Statordrehfelds angezogen und kurz darauf
25 von dessen gleichartigen Polen abgestoßen. Der Rotor kann in Folge seiner Massenträgheit nicht sofort der Statordrehzahl folgen. Wenn der Rotor aber annähernd die Drehzahl des Statordrehfelds erreicht hat, dann wird der Rotor sozusagen in die Statordrehfelddrehzahl hineingezogen und läuft mit dieser weiter. Das heißt, nach dem Anlaufen des Rotors dreht sich dieser synchron mit der Statordrehfelddrehzahl.
30

Der Rotor eines Line-Start-Elektromotors umfasst sowohl Permanentmagnete als auch Leiterstäbe. Die Leiterstäbe bilden eine Anlaufhilfe für den Rotor.

5 Wenn annähernd die Drehzahl des Statordrehfelds erreicht worden ist, dann entfalten die Permanentmagnete ihre Wirkung. Der Line-Start-Elektromotor verbindet also die guten Anlaufeigenschaften eines Asynchronmotors, also das große Anlaufmoment, mit dem hohen Wirkungsgrad des Synchronmotors. Beim Anlaufen des Motors entfalten die Leiterstäbe ihre Wirkung, wohingegen die Dauermagnete beim Anlaufen des Motors eigentlich nur eine störende Rolle haben. Während des synchronen Betriebs, zum Beispiel bei 50 Hz oder 3000 U/min., entfalten dagegen die 15 Dauermagnete ihre Wirkung, wohingegen die Leiterstäbe dann nicht mehr zur Erzeugung des Drehmoments beitragen, da im Synchronbetrieb in den Leiterstäben keine Spannung induziert wird.

Das im Betrieb des Line-Start-Elektromotors in einem Luftspalt zwischen Rotor und Stator existierende magnetische Feld umfasst zwei Komponenten. Die erste Komponente des resultierenden Felds wird von den Statorwicklungen bewirkt. Diese wird auch Drehfeld genannt. Die zweite Komponente des resultierenden Felds wird von den Permanentmagneten bewirkt, die auch als Dauermagneten bezeichnet werden können. In Betrieb von herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren, wie sie zum Beispiel aus der WO 25 01/06624A1 bekannt sind, können Drehmomentschwankungen auftreten, die unerwünscht sind.

30

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Rotor gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere für

einen Elektromotor gemäß Oberbegriff des Anspruchs 14, zu schaffen, der das Magnetfeld während synchronen Betriebs annähernd sinusförmig macht.

Die Aufgabe wird durch einen Rotor gelöst, der die 5 Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist. Bevorzugte Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

Es ist erwünscht, dass die Feldstärke des zwischen Rotor und Stator existierenden Magnetfelds während 10 des synchronen Betriebs annähernd sinusförmig ist. Dem wirken allerdings die Permanentmagneten in dem Rotor entgegen, die bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren zu einem eckigen Verlauf führen. Das gewünschte sinusförmige Drehfeld wird somit von den 15 herkömmlichen Permanentmagneten verzerrt und trägt damit während des synchronen Betriebs zu Drehmomentschwankungen beziehungsweise Momentpulsationen bei. Diese unerwünschte Verzerrung während synchronen Betriebs wird dadurch erzeugt, dass die Feldstärke des permanenten Magnets unabgeschwächt über 20 die Rotoroberfläche verteilt wird. In Richtung der Magnetachse bestimmen die Permanentmagnete hauptsächlich das Feld. Bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren ist der Rotor somit für das Magnetfeld vom Stator nur teilweise in Richtung der Neutralachse, nicht aber in Richtung der Magnetachse 25 voll durchlässig.

Bei dem erfindungsgemäßen Rotor handelt es sich vorzugsweise um einen Rotor für einen Elektromotor, 30 insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für

Permanentmagnete und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Leiterstäbe. Die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe weisen in mindestens einem Sektor des Rotors einen im Wesentlichen länglichen Querschnitt auf. Im Querschnitt betrachtet sind die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe in diesem Sektor entlang ihrer Längsachse gekrümmmt ausgebildet. Bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die Drehmomentschwankungen bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren darauf zurückzuführen sind, dass der Verlauf der Feldstärke des resultierenden Magnetfelds in dem Luftspalt zwischen Stator und Rotor über dem Drehwinkel nicht sinusförmig, sondern, zumindest teilweise, eckig ist. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung und Anordnung der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe kann im Betrieb ein annähernd sinusförmiger Verlauf erreicht werden.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Permanentmagnete, insbesondere vier Permanentmagnete, so angeordnet sind, dass sie ein magnetisches Feld mit einer Neutralachse und einer Magnetachse erzeugen, die senkrecht zu der Neutralachse angeordnet ist. Die Krümmungsradien der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe nehmen von der Neutralachse zu der Magnetachse hin ab, das heißt, die Krümmungsradien sind in der Nähe der Magnetachse kleiner als in der Nähe der Neutralachse. Die Neutralachse verläuft da, wo die Permanentmagneten kein Magnetfeld erzeugen. Die Magnetachse verläuft da, wo das von den Dauermagneten erzeugte Magnetfeld am stärksten ist. Die Feld-

stärke des Permanentmagnetfelds kann zum Beispiel 1,5 Tesla betragen. Das von den Ständer- oder Statorwicklungen erzeugte Magnetfeld verläuft von dem Stator durch den Rotor und wieder in den Stator zurück. Durch die Verringerung der Krümmungsradien von der Neutralachse zu der Magnetachse wird erreicht, dass das während des Anlaufs auftretenden Magnetfeldlinien vom Stator den Rotor gut durchdringen können.

10 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe konstant ist. Diese Anordnung hat sich bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen als besonders vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt betrachtet, so entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet und angeordnet sind, dass der Abstand der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe zur Drehachse des Rotors, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, von der Neutralachse zu der Magnetachse hin zunimmt. Dadurch werden Freiräume geschaffen, in denen die Feldlinien des von den Statorwicklungen erzeugten Magnetfelds den Rotor durchdringen können.

20 25 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachsen der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, in der Nähe der Neutralachse, abgesehen von der Krümmung und

bezogen auf den Rotor, im Wesentlichen radial ausgerichtet sind, und dadurch, dass die Längsachsen der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, zur Magnetachse

5 hin so verdreht angeordnet sind, dass die radial äußersten Enden der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, in einem geringeren Abstand zu der Magnetachse angeordnet sind als bei einer radialen Ausrichtung.

10 Daraus ergibt sich, dass die Längsachsen der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe in der Nähe der Magnetachse der Permanentmagneten im Wesentlichen parallel zu dieser verlaufen. Das wiederum führt dazu, dass das von den Permanentmagneten erzeugte
15 Magnetfeld, auch in der Nähe der Magnetachse, ungehindert zwischen den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe hindurchdringen kann.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt be-

20 trachtet, jeweils zwei Seitenwände aufweisen, die unterschiedlich stark gekrümmmt sind. Dadurch bekommen die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe eine im Wesentlichen sichelförmige Gestalt.

25 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Krümmungsradien der Seitenwände der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe von der Neutralachse zu der Magnetachse hin abnehmen. Je kleiner der Krümmungsradius
30 der Seitenwände wird, desto kleiner wird die Länge des zwischen den Seitenwänden eingeschlossenen Aufnahmerraums. Das hat sich bei im Rahmen der vorlie-

genden Erfindung durchgeführten Messungen im Hinblick auf den Wirkungsgrad des Elektromotors als vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des
5 Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Seitenwände der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, an ihren nach innen gewandten Enden durch eine gerundete Verbindungswand verbunden sind. Das hat sich unter
10 fertigungstechnischen und funktionellen Gesichtspunkten als besonders vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des
Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsände sämtlicher Aufnahmeräume für die Leiterstäbe den gleichen Radius aufweisen. Daraus ergibt sich, dass der Abstand zwischen den Seitenwänden radial innen ebenfalls konstant ist.
15

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des
Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagneten so gekrümmt ausgebildet und um die Drehachse des Rotors herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen für die Permanentmagneten und den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe, im Querschnitt
25 durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse größer als im Bereich der Neutralachse ist. Dadurch wird ausreichend Raum für die magnetischen Feldlinien des von dem Stator erzeugten Magnetfelds geschaffen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagneten, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen 5 aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse, und deren Nebenachse mit der Magnetachse zusammenfällt. Diese Anordnung hat sich bezüglich der Verteilung 10 der Magnetfeldlinien im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung als besonders vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor mindestens eine Übergangszone aufweist, in der die 15 Aufnahmeräume für die Leiterstäbe nicht gekrümmt ausgebildet sind. Der Rotor kann aus einem auf eine Welle aufgebrachten Blechpaket gebildet sein. In der Übergangszone können laminierte Bleche angeordnet sein, die keine gekrümmten Aufnahmeräume für 20 die Leiterstäbe aufweisen. Die Übergangszone dient dazu, eine sogenannte Nutschrägung zu erreichen, das heißt, dass ein Leiterstab in einem ersten Ende des Rotors im Vergleich zum Leiterstab im anderen Ende des Rotors versetzt ist. Die Versetzung, zum 25 Beispiel zwischen 10 und 20 mechanischen Grad, wird in der Übergangszone erreicht, indem der Leiterstab nicht parallel mit der Drehachse des Rotors läuft, sondern zu dieser seitlich verschrägt. Durch die Nutschrägung wird die Amplitude von im Drehfeld 30 störenden magnetischen Harmonischen erwünscht stark reduziert. Die Übergangszone besteht aus zum Beispiel 10 bis 20 Blechen, deren Aufnahmeräume zueinander versetzt sind.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe radial außen geschlossen sind. Die Aufnahmeräume für die Leiterstäbe
5 sind vorzugsweise am äußeren Umfang des Rotors angeordnet und können, obwohl sie einen geschlossenen Querschnitt aufweisen, auch als Nuten bezeichnet werden. Dadurch, dass die Aufnahmeräume geschlossen sind, wird erreicht, dass hochfrequente Anteile im magnetischen Feld keine Verlustströme in den Leiterstäben induzieren.
10

Bei einem Elektromotor, insbesondere einem Line-Start-Elektromotor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von Wicklungen umfasst, ist die oben angegebene Aufgabe dadurch gelöst, dass ein vorab beschriebener Rotor drehbar innerhalb des Stators angeordnet ist. Durch den erfindungsgemäßen Rotor kann das Magnetfeld beim Anlaufen des Elektromotors so gesteuert werden, dass Lücken im Magnetfeld der
15 Permanentmagneten ausgefüllt werden können. Durch den annähernd sinusförmigen Verlauf des Magnetfelds beziehungsweise der magnetischen Feldstärke beziehungsweise der magnetischen Flussdichte können Wirkungsgrade von mehr als 90 % erreicht werden.

20
25 Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Elektromotors ist dadurch gekennzeichnet, dass an den Stirnseiten des Rotors Kurzschlussringe angeordnet sind, welche die Leiterstäbe miteinander verbinden. Die Kurzschlussringe und die Leiterstäbe bilden einen
30 Käfig, in welchem eine Spannung induziert wird.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung ein Ausführungsbeispiel im einzelnen beschrieben ist. Es zeigen:

Figur 1 die Darstellung eines Querschnitts durch einen Rotor;

Figur 2 eine verkleinerte Darstellung des Rotors aus Figur 1 mit Feldlinien des durch die Permanentmagnete erzeugten Magnetfelds und

Figur 3 den Rotor aus Figur 2 mit Feldlinien des von einem Stator erzeugten Magnetfelds.

In Figur 1 ist ein Rotor 1 eines Line-Start-Elektromotors im Querschnitt dargestellt. Der Rotor 1 weist ein zentrales Durchgangsloch 2 auf, das zur Aufnahme einer (nicht dargestellten) Welle dient, über die ein von dem Elektromotor erzeugtes Drehmoment abgegeben werden kann.

Um das Durchgangsloch 2 herum sind vier Aufnahmeräume 4, 5, 6 und 7 für Permanentmagnete 10, 11, 12 und 13 angeordnet. Die Aufnahmeräume 4 bis 7 erstrecken sich in axialer Richtung zumindest über einen Teil der Länge des Rotors 1. Im Querschnitt betrachtet sind die vier Aufnahmeräume 4 bis 7 für die Permanentmagneten 10 bis 13 in der Gestalt einer Ellipse angeordnet. Die Pole der Permanentmagneten 10 bis 13 sind jeweils durch die Großbuchstaben N für Nordpol und S für Südpol bezeichnet.

Die dargestellte Anordnung der Permanentmagnete 10

bis 13 führt zur Ausbildung eines magnetischen Felds, dessen Feldstärke entlang einer neutralen Achse 16 Null und entlang einer Magnetachse 17 am größten ist. Die neutrale Achse 16 wird auch als
5 Neutralachse bezeichnet.

Nach außen hin wird der Rotor 1 von einer Kreiszylindermantelfläche begrenzt, auf deren Umfang eine Vielzahl von Aufnahmeräumen 20 bis 25 und 28, 29 für Leiterstäbe angeordnet sind. Die Aufnahmeräume für (nicht dargestellte) Leiterstäbe erstrecken sich in axialer Richtung über die gesamte Länge des Rotors 1. Der Rotor 1 ist, bezogen auf die neutrale Achse 16 und die Magnetachse 17 in sich symmetrisch ausgebildet. Deshalb sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Aufnahmeräume 20 bis 25 und 28, 29 für die Leiterstäbe mit Bezugszeichen versehen.
10
15

Jeder Aufnahmeraum für einen Leiterstab, der auch als Aufnahmeraum für eine Leiterwicklung bezeichnet werden kann, umfasst zwei Seitenwände 31 und 32, die durch eine halbkreisförmige Verbindungswand 34 verbunden sind. An dem anderen Ende sind die länglichen Aufnahmeräume für die Leiterstäbe spitz oder stumpf zulaufend ausgebildet. Die Abstände 35 bis 25 39 zwischen den nach außen gewandten Enden der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe sind konstant.
20
25

In Figur 1 sieht man, dass die beiden Seitenwände des Aufnahmers 28 konkav ausgebildet sind. Im Unterschied dazu sind die beiden Seitenwände des Aufnahmers 29 konvex ausgebildet. Der Aufnahmeraum 28 wird durch die neutrale Achse 16 und der
30

Aufnahmeraum 29 durch die Magnetachse 17 in zwei gleiche Hälften zerteilt. Die zwischen den Aufnahmeräumen 28 und 29 und somit zwischen der Neutralachse 16 und der Magnetachse 17 angeordneten Aufnahmeräume 20 bis 25 weisen jeweils eine konvexe und eine konkave Seitenwand auf. Der Krümmungsradius der Aufnahmeräume 20 bis 25 nimmt von der Neutralachse 16 zu der Magnetachse 17 hin ab. Das heißt, der Aufnahmeraum 20 weist die größten und der Aufnahmeraum 25 die kleinsten Krümmungsradien auf.

In Figur 2 ist das von den Permanentmagneten 10 bis 13 erzeugte Magnetfeld in Form von magnetischen Feldlinien teilweise dargestellt.

In Figur 3 ist das von einem (nicht dargestellten) Stator erzeugte Magnetfeld während des asynchronen Anlaufen des Rotors in Form von Magnetfeldlinien teilweise dargestellt. Durch Pfeile 48 und 49 ist in Figur 3 der magnetische Fluss durch den Rotor 1 angedeutet.

Die gekrümmten Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, die auch als Nuten bezeichnet werden können, liefern den Vorteil, dass das von den Permanentmagneten erzeugte magnetische Feld im Betrieb des (nicht dargestellten) Line-Start-Elektromotors kontrolliert durch den Rotor 1 hindurchgeleitet werden. Dadurch kann im Betrieb des Elektromotors in dem Luftspalt zwischen Stator und Rotor ein angenähert sinusförmiger Verlauf der Feldstärke des resultierenden Magnetfelds erzeugt werden.

Die Krümmung der Nuten beziehungsweise Aufnahmeräume für die Leiterstäbe hat die primäre Funktion während des synchronen Betriebes des Elektromotors das von den Permanentmagneten erzeugte magnetische

5 Feld sinusförmig in dem Luftspalt zwischen Rotor und Stator zu verteilen. Demzufolge wird das Magnetfeld im Bereich der Neutralachse am schwächsten und im Bereich der Magnetachse am stärksten sein.

Darüber hinaus wird durch die gekrümmte Ausbildung der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe und die spezielle Anordnung der Leiterstäbe beim Anlaufen des Elektromotors viel Raum für das den Rotor durchdringende magnetische Feld des Stators geschaffen. Wie in Figur 3 zu sehen ist, ist zwischen den Aufnahmeräumen 24 und 25 für die Leiterstäbe und dem Permanentmagneten 11 ausreichend Raum für den Durchgang der Magnetfeldlinien. Dadurch werden magnetische Engpässe vermieden, die zu einer unerwünschten Sättigung des Rotorblechs führen könnten.

10 15 20 25 Durch die spezielle Anordnung der Permanentmagneten wird der zur Verfügung stehende Raum noch vergrößert.

Mit der Erfindung wird erreicht, dass das Magnetfeld beim Anlaufen des Elektromotors so gesteuert wird, dass Lücken im Magnetfeld, die durch die Permanentmagneten verursacht werden, ausgefüllt werden.

Ansprüche

1. Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (4 bis 7), für Permanentmagnete (10 bis 13) und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (20 bis 25) für Leiterstäbe, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe in mindestens einem Sektor des Rotors einen im Wesentlichen länglichen Querschnitt aufweisen, und dadurch, dass die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe in diesem Sektor, im Querschnitt betrachtet, entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet sind.
10
2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Permanentmagnete (10 bis 13), insbesondere vier Permanentmagnete, so angeordnet sind, dass sie ein magnetisches Drehfeld mit einer Neutralachse (16) und einer Magnetachse (17) erzeugen, die senkrecht zu der Neutralachse (16) angeordnet ist, wobei die Krümmungsradien der Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe von der Neutralachse (16) zu der Magnetachse (17) hin abnehmen.
15
20
3. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand (35 bis 39) zwischen den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe konstant ist.
25
4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt betrachtet, so entlang ihrer Längsachse gekrümmt aus-
30

gebildet und angeordnet sind, dass der Abstand der Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe zur Drehachse des Rotors, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, von der Neutralachse (16) zu der
5 Magnetachse (17) hin zunimmt.

5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachsen der Aufnahmeräume (20, 21) für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, in der Nähe
10 der Neutralachse (16), abgesehen von der Krümmung und bezogen auf den Rotor, im Wesentlichen radial ausgerichtet sind, und dadurch, dass die Längsachsen der Aufnahmeräume (24,25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, zur Mag-
15 netachse (17) hin so verdreht angeordnet sind, dass die radial äußeren Enden der Aufnahmeräume (24,25) für die Leiterstäbe in einem geringeren Abstand zu der Magnetachse (17) angeordnet sind als bei einer radialen Ausrichtung.

20 6. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt betrachtet, jeweils zwei Seitenwände (31,32) aufwei-
-ten, die unterschiedlich stark gekrümmmt sind.

25 7. Rotor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krümmungsradien der Seitenwände (31,32) der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe von der Neu-
tralachse (16) zu der Magnetachse (17) hin abneh-
men.

8. Rotor nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Seitenwände der Aufnahmeräume für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, an ihrer nach innen gewandten
5 Enden durch eine gerundete Verbindungswand (34) verbunden sind.

9. Rotor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindungswände (34) sämtlicher Aufnahmeräume für die Leiterstäbe den gleichen Radius aufweisen.
10

10. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (4 bis 7) für die Permanentmagneten so gekrümmt ausgebildet und um die Drehachse des Rotors herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen (5) für die Permanentmagneten (11) und den Aufnahmeräumen (20 bis 25) für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse (17) größer als im Bereich der
15 Neutralachse (16) ist.
20

11. Rotor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (4 bis 7) für die Permanentmagneten (10 bis 13) im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse (16), und deren Nebenachse mit der Magnetachse (17) zusammenfällt.
25

12. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor mindestens
30 eine Übergangszone aufweist, in der die Aufnahme-

räume für die Leiterstäbe nicht gekrümmt ausgebildet sind.

13. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume (20
5 bis 25, 28, 29) für die Leiterstäbe radial außen ge-
schlossen sind.

14. Elektromotor, insbesondere Line-Start-Elektro-
motor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von
Wicklungen umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass
10 ein Rotor (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche drehbar innerhalb des Stators angeordnet
ist.

15. Elektromotor nach Anspruch 14, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass an den Stirnseiten des Rotors (1)
15 Kurzschlussringe angeordnet sind, welche die Lei-
terstäbe miteinander verbinden.

Gleiss & Große

Patentanwälte · Rechtsanwälte

European Patent Attorneys

European Trademark Attorneys

Intellectual Property Law

Technology Law

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (4 bis 7), für Permanentmagnete (10 bis 13) und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (20 bis 25) für Leiterstäbe.

Um einen möglichst gleichmäßigen Lauf des Rotors zu erzielen, weisen die Aufnahmeräume (20 bis 25) für die Leiterstäbe in mindestens einem Sektor des Rotors einen im Wesentlichen länglichen Querschnitt auf, und sind in diesem Sektor, im Querschnitt betrachtet, entlang ihrer Längsachse gekrümmt ausgebildet.

(Figur 1)

112

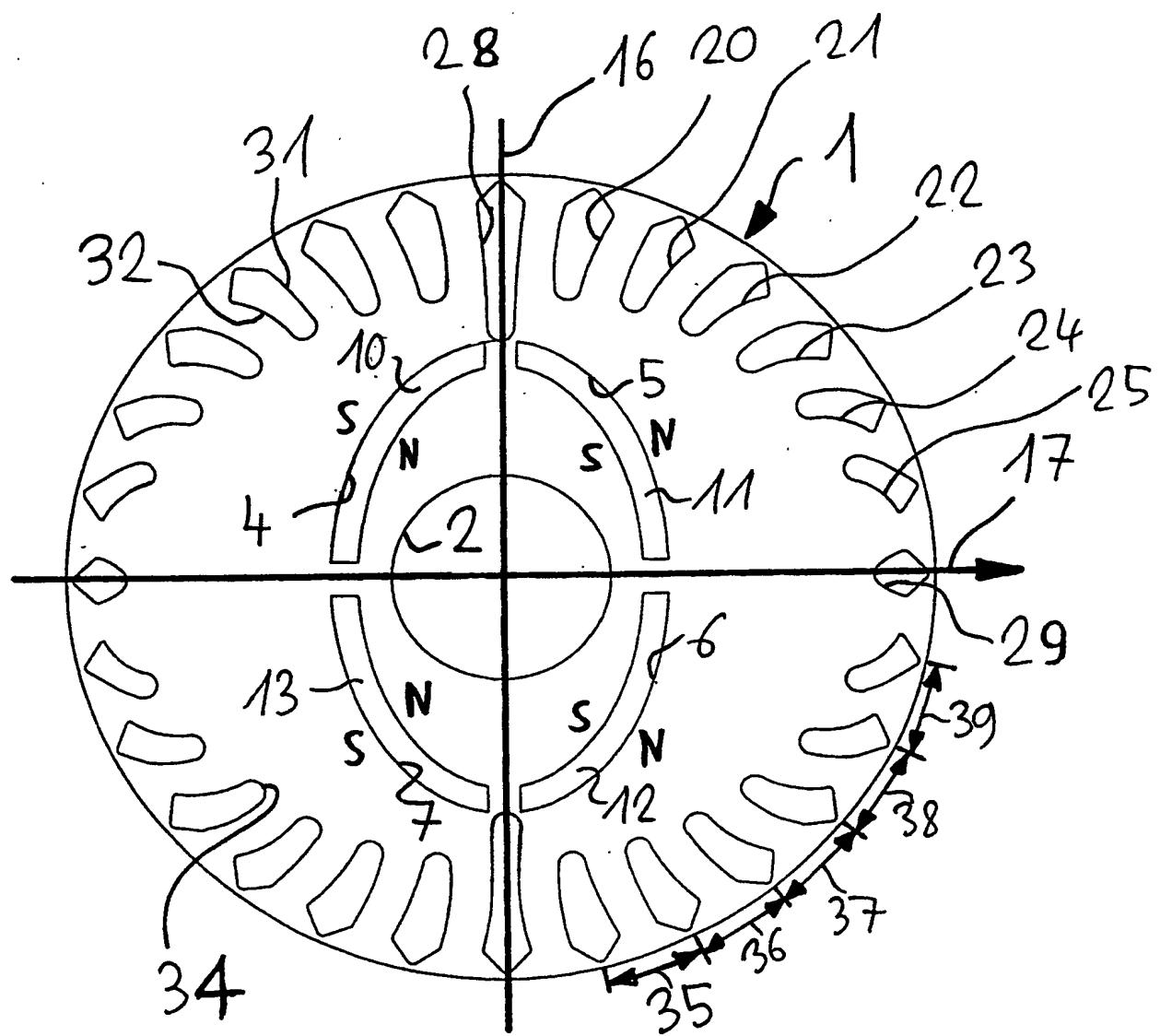


Fig. 1

17987

212

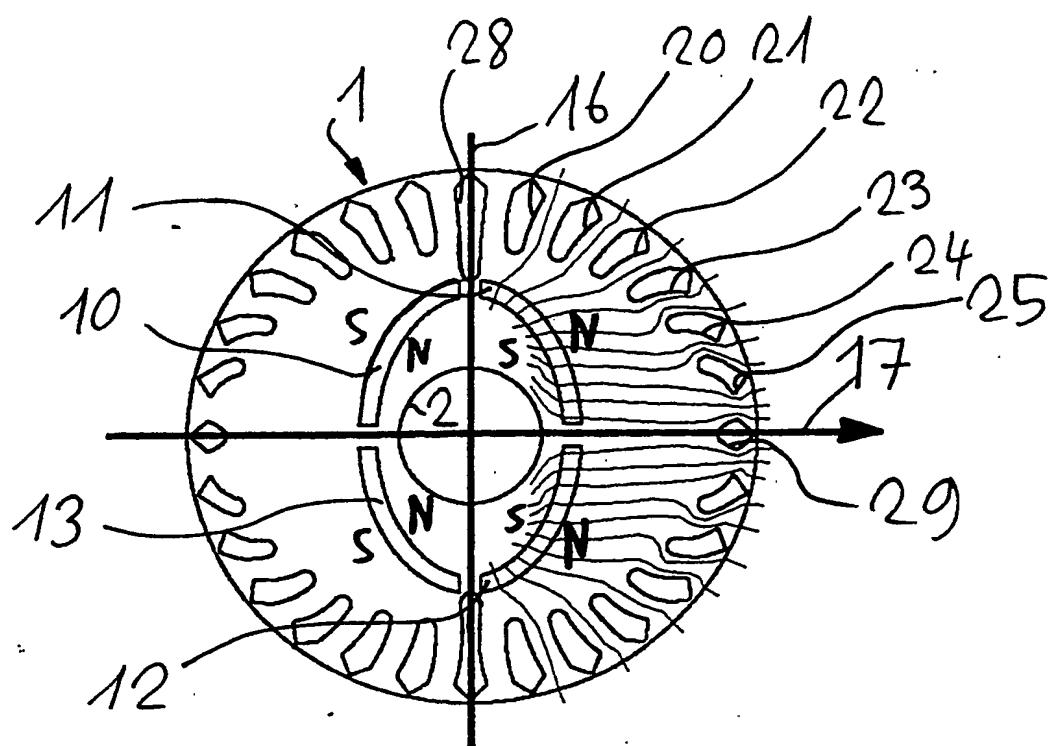


Fig. 2

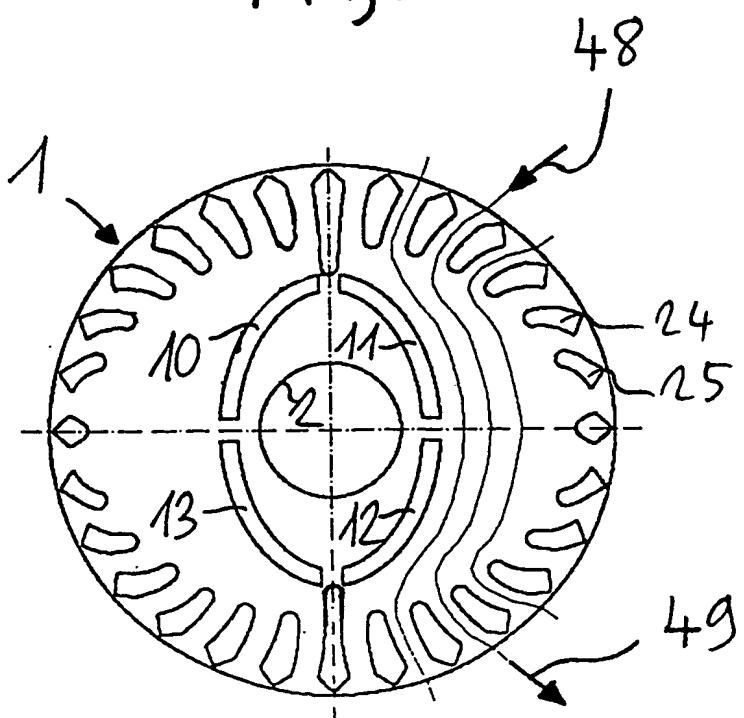


Fig. 3

17987